



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 13 068 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 16 L 55/165**  
E 03 F 3/06

②1 Aktenzeichen: P 42 13 068.9  
②2 Anmeldetag: 21. 4. 92  
④3 Offenlegungstag: 28. 10. 93

DE 42 13 068 A 1

⑦1 Anmelder:  
Hüls Troisdorf AG, 5210 Troisdorf, DE

⑦2 Erfinder:  
Schmager, Klaus, 5020 Frechen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 27 04 438 C2  
DE 39 12 205 A1  
DE 37 00 644 A1  
DE 27 59 227 A1  
DE 90 12 003 U1  
US 51 02 263  
US 51 01 863  
EP 02 60 341 A1  
WO 91 10 862 A1

DE-Z: 3R international 29,1990,H.3,März, S.153-154;

⑤4 System und Verfahren zum Relining von Kanalrohrabschnitten

⑤7 Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zum Relining von Kanalrohrabschnitten mit mehreren schlauchförmigen Inlinern. Der innere schlauchförmige Inliner aus thermoplastischem Material weist auf seiner Außenseite eine Vielzahl von Noppen als Abstandhalter zu einem äußeren Inliner auf. Die Inliner sind einstückig aufgebaut und bestehen ganz oder teilweise aus VLDPE, ggf. in Abmischungen mit HDPE. Sie weisen eine hohe Flexibilität auf. Der E-Modul beträgt 50 bis 500 N/mm<sup>2</sup>, die relative Steifigkeit, d. h. das Verhältnis von E-Modul zu Nenndurchmesser, beträgt 0,25 bis 1 N/mm<sup>3</sup>. Die Erfindung schlägt vor, daß zunächst ein Preliner und anschließend der an seiner Außenseite mit Noppen besetzte innere Inliner in den zu sanierenden Kanal eingezogen wird. In den durch die Noppen definierten Ringraum zwischen Preliner und Inliner wird ein schnellhärtender Mörtel (Dämmer) eingebracht und ausgehärtet. Nach einer bevorzugten Ausführung wird ein dreischaliges System mit einem zusätzlichen äußeren Inliner eingesetzt, wobei der äußere Inliner auf seiner Innenseite oder der mittlere Inliner auf seiner Außenseite kurze Noppen aufweist, so daß ein als Kontrollraum dienender Ringraum gebildet wird, der eine Kontrolle und spätere Sanierung ermöglicht.

DE 42 13 068 A 1

## Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zum Relining von Transportleitungen wie Kanalrohrleitungen bzw. -abschnitten.

Relining ist ein Verfahren zum Sanieren beschädigter, im allgemeinen unterirdischer Transportleitungen durch Einbringen eines neuen Innenrohrstranges o. dgl. in die beschädigte vorhandene Leitung.

## Stand der Technik

Bei einem bekannten Relining-Verfahren wird ein langer Rohrstrang aus zusammengeschweißten Kunststoffrohren, z. B. aus Polyethylen, in den beschädigten Kanalabschnitt eingeschoben. Da die Rohre wenig flexibel sind, sind hierzu größere Baugruben erforderlich.

Bei dem sogenannten Kurzrohrrelining werden kurze Kunststoffrohre einer Länge von ca. 0,5 bis max. 1 m in vorhandenen Standard-Kanalschächten zusammengesteckt und von diesem Kanalschacht aus in den zu sanierenden Kanalabschnitt eingeschoben oder eingezogen (DE-A 34 13 294).

Diese Rohre sind in der Regel durch die Vielzahl von Rohrverbindungen gegen Exfiltration und bei anstehendem Grundwasser (Wassereintritt von außen) gegen Infiltration nicht zuverlässig dicht. Weiterhin können die relativ starren Kunststoffrohre nur eingesetzt werden, wenn der beschädigte Kanalabschnitt einen weitgehend unveränderten Innendurchmesser aufweist.

Es ist schon vorgeschlagen worden (DE-A 27 04 438), Kanalrohre dadurch zu sanieren, daß in das Innere des Abflußrohres eine flexible Rohrleitung eingeführt wird, deren Außendurchmesser kleiner als der Innendurchmesser des Abflußrohres ist, wobei die flexible Rohrleitung mit Abstand zum Abflußrohr unter Bildung eines Ringraumes angeordnet wird. Bei diesem Verfahren wird dieser Ringraum mit einer aushärtbaren Verfüllmasse niedriger Viskosität ausgefüllt, wobei als Verfüllmasse beispielsweise Magnesiumzement verwendet wird. Ein wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens ist es, daß die Zentrierung des Inliners gegenüber dem zu sanierenden Rohr nicht oder nur mit großem Aufwand bewerkstelligt werden kann. Bei von außen einwirkendem Wasserdruck besteht weiterhin die Gefahr einer Einbeulung der neuen Rohrleitung.

Zur Vermeidung dieser Nachteile wird in der DE-A1 39 30 984 ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem ein Auskleidungsschlauch (Inliner) aus Weich-PVC eingesetzt wird, der auf seiner Außenseite eine starkfädige Wirrfaserschicht aus Polyamid als Abstandshalter aufweist. In den durch die Wirrfaserschicht freigehaltenen Ringraum zwischen dem zu sanierenden Kanalrohr und dem eigentlichen Inliner wird ein schnellhärtender Mörtel (sog. Dämmer) eingebracht und ausgehärtet. Ein ähnliches Verfahren wird in der DE-A1 39 34 980 vorgeschlagen, wobei als Material für den Inliner auch HDPE (Polyethylen hoher Dichte) vorgesehen ist.

Weich-PVC weist allerdings für viele Anwendungszwecke eine mangelhafte Resistenz gegen Chemikalien auf, während HDPE zu steif ist, um bei ausreichender Wandstärke des Inliners ein Einbringen des Inliners durch vorhandene Schachtbauwerke in den zu sanierenden Kanalabschnitt zu ermöglichen. Schließlich ist die Herstellung dieser zweischichtigen Inliner (eigentlicher

Inliner sowie Wirrfaserschicht) aufwendig und bei vielen Materialkombinationen praktisch unmöglich.

Aus dem "Sonderdruck aus bbr 5/90; U-Liners; Protokoll einer Sanierung, Imbema Rohrsanierungs GmbH" ist ein Verfahren zum Relining von Abwasserkanälen bekannt, bei dem zunächst ein endloses steifes HDPE-Rohr unter starker Erwärmung fabrikmäßig zu einem U-förmigen Querschnitt gefaltet und dieser deformierte Querschnitt mit Bändern fixiert wird. Dieses immer noch recht steife Gebilde wird anschließend in den Kanal eingezogen und mit Wasserdampf unter erhöhtem Druck (ca. 1,3 bar) bis in den thermoplastischen Zustand erwärmt, wobei das HDPE-Rohr wieder seinen ursprünglich runden Querschnitt einnimmt. Dieses Verfahren ist durch hohen Aufwand und Energieverbrauch gekennzeichnet.

Aus der DE-U 90 12 003 sowie dem Firmenprospekt "Steuler Umwelttechnik, Bekaplast für Kanalrohre, 1989" ist schließlich eine Noppen-Abdichtungsbahn zum Relining von Abwasserrohren bekannt. Dieser steife Inliner aus HDPE ist jedoch nur zum nachträglichen Sanieren von begehbbaren Kanalrohren mit größerem Durchmesser verwendbar.

Aus der DE-C 23 62 784 ist ein System bekannt, bei dem ein einseitig mit Kunststoff beschichteter Vlies-schlauch mit Harz und Härter vorab so getränkt wird, daß er nach dem Einbringen in die zu sanierende Rohrleitung im Umstülpsverfahren und nach Anpressung an die Rohrwandung mittels Wasserdruck durch Erwärmung des Systems aushärtet und so ein neues Leitungssystem mit steifer Rohrwandung darstellt. Da das Harz-Härter-System im Trägersystem nur eine begrenzte Verarbeitungszeit (Topfzeit) hat, muß die Tränkung, der Transport zur Baustelle (evtl. im Kühlwagen) und das Einbringen innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne erfolgen. Für die Sanierung eines ganzen Rohrstranges ist dieses System mit harzimpregniertem Vlies eine anpassungsfähige Lösung. Nachteilig ist die Gefahr von Luftsinschlüssen beim Umstülpen, der Aufwand für den relativ kurzen Zeitbereich zwischen der Harztränkung des Vlieses und der Aushärtung im zu sanierenden Rohrstrang sowie die relativ lange Aufheizung.

Dieses Verfahren ist zudem nur befriedigend anwendbar für zu sanierende Rohre, die keine größeren Risse oder Auskolkungen aufweisen, da durch diese das Harz vor der Aushärtung austreten könnte oder da sonst das neue Fließgerinne zu große Unebenheiten aufweisen würde. Bei einem ähnlichen Verfahren (EP-A1 0 260 341) wird dieser Nachteil dadurch vermieden, daß zunächst ein äußerer harzgetränkter Vlies-schlauch in den zu sanierenden Kanal eingezogen wird, wonach ein innerer ebenfalls harzgetränkter Kalibrierschlauch im Umstülpsverfahren in den äußeren Vlies-schlauch eingebracht wird. Nach Aushärtung des Harzes entsteht ein starres neues Rohr, das keine Verbindung mehr zum zu sanierenden alten Rohr aufweist. Durch die Verwendung von zwei harzgetränkten Vlies-schläuchen ist dieses Verfahren allerdings sehr aufwendig und teuer.

Trotz der Vielzahl von Lösungsvorschlägen zum Relining von defekten Kanalrohren fehlt es bislang an einem überzeugenden System und Verfahren, das

- keine zusätzlichen Erdarbeiten benötigt, d. h. vorhandene Schachtbauwerke ausnutzt,
- auch bei starker Beschädigung des alten Kanalrohres und auch bei unrunder Kanalquerschnitten einsetzbar ist,
- ohne hohen Aufwand und Energieeinsatz bei der

Verlegung auskommt,

- ohne große Verringerung des Fließquerschnitts zu einem mechanisch und chemisch hochbelastbaren Inliner-Rohr führt, das
- absolut dicht ist gegen Infiltration und Exfiltration und insbesondere die Dichtigkeitsanforderungen nach DIN 4033 für Kunststoffrohrleitungen erfüllt,
- sowie ohne zusätzlichen Aufwand einsetzbar ist für sämtliche Rohrdurchmesser.

#### Aufgabe

Aufgabe der Erfindung ist es, ein System und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das diese Anforderungen erfüllt.

Ein weiteres Anliegen der Erfindung ist es, eine leichtere Kontrollierbarkeit des Inliners zu ermöglichen. Schließlich ist es ein weiteres Anliegen der Erfindung, eine spätere Reparatur des Inliners bei Beschädigung zu vereinfachen.

#### Darstellung der Erfindung

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein System zum Relining von Transportleitungen

- mit einem inneren schlauchförmigen thermoplastischen Inliner,
- einem zweiten schlauchförmigen thermoplastischen Inliner (Preliner), der in die zu sanierende Kanalrohrleitung eingebracht wird,
- wobei der innere Inliner in den zweiten Inliner (Preliner) eingebracht wird und auf seiner Außenseite Mittel, z. B. Noppen, aufweist, die sowohl zur Fixierung eines definierten Abstandes (Ringraum) zwischen dem inneren und dem zweiten Inliner als auch zur formschlüssigen Verankerung des inneren Inliners in einer in den Ringraum zwischen dem inneren und dem zweiten Inliner einzubringenden aushärtbaren Masse, z. B. Mörtel, dient.

Als Preliner kann im einfachsten Fall ein beidseitig glatter Schlauch aus thermoplastischem Material eingesetzt werden.

Der innere schlauchförmige thermoplastische Inliner weist bevorzugt eine Wanddicke von 1,5 bis 5 mm auf, wobei bei zu sanierenden Kanälen mit größerem Nenn Durchmesser (DN z. B. > 1000 mm) auch größere Wandstärken verwendet werden können. Entsprechend können bei kleinen Durchmessern der zu sanierenden Kanäle (DN z. B. 150 mm) geringere Wandstärken gewählt werden.

Der eigentliche (innere) Inliner weist auf seiner Außenseite Abstandshalter auf, die z. B. in Form von hinterschnittenen Rippen oder einer starkfädigen Wirrfaserschicht entsprechend der DE-A1 39 30 984 ausgeführt sein können. Bevorzugt ist der Inliner jedoch auf seiner späteren Außenseite mit einer Vielzahl von Noppen besetzt, die bevorzugt einen Durchmesser von 5 bis 15 mm und eine Länge von 8 bis 20 mm aufweisen und am Kopfende einen größeren Durchmesser als am Fuß besitzen, um eine Hinterschneidung zu erzielen. Grundsätzlich sind diese Noppenformen bekannt. Der Abstand der einzelnen Noppen beträgt etwa 1,5 bis 4 cm voneinander, so daß auf 1 m<sup>2</sup> etwa 500 bis 5000 Noppen kommen.

Die Noppen dienen zum einen als Abstandshalter

zum Preliner, so daß nach dem Einbringen des Inliners in den Preliner ein Ringraum zwischen dem Preliner und dem eigentlichen Inliner freigehalten wird. In diesen Ringraum ragen dann die einzelnen Noppen. Der Ringraum wird mit einer aushärtbaren Masse, z. B. einem Kunstharz, ausgefüllt. Die Masse wird anschließend ausgehärtet. Bevorzugt wird als aushärtbare Masse ein dünnflüssiger Mörtel (Dämmer) verwendet.

Nach dem Ausfüllen und Aushärten dieses Ringraumes mit z. B. einem Mörtel bilden die Noppen mit ihren Hinterschneidungen gleichzeitig Verankerungselemente, die den Inliner an dem ausgehärteten Mörtel befestigen. Der ausgehärtete Mörtel (Dämmer) bildet dabei ein starres (neues) Rohr, das von außen durch den Preliner isoliert und von innen mit dem Inliner ausgekleidet ist.

Bei einer eventuellen späteren Beschädigung des Preliners und bei einem Wassereintrich von außen (Grundwasser) muß damit gerechnet werden, daß Wasser zwischen die ausgehärtete Mörtelschicht und den inneren Inliner gelangt. Dennoch wird der relativ flexible Inliner dabei nicht eingedrückt, d. h. er beult nicht ein, da die Noppen von dem ausgehärteten Mörtel gehalten werden. Je nach Noppengeometrie können dabei Außendrucke von bis zu 3 bar bewältigt werden, bevor die Noppen aus der Rohrschale gezogen werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird zwischen dem zweiten schlauchförmigen thermoplastischen Inliner (Preliner, mittlerer Inliner) und der zu sanierenden Transportleitung (Kanalrohrleitung) ein dritter (äußerer) schlauchförmiger thermoplastischer Inliner vorgesehen, wobei der dritte (äußere) Inliner auf seiner Innenseite oder der zweite (mittlere) Inliner (Preliner) auf seiner Außenseite Mittel, z. B. Noppen, zur Fixierung eines Abstandes zwischen dem zweiten (mittleren) Inliner und dem dritten (äußeren) Inliner aufweist, wodurch ein freier Ringraum zwischen dem zweiten und dem dritten Inliner gebildet wird als Kontrollraum zur Feststellung und ggf. Beseitigung von Undichtigkeiten in einem der Inliner (dreischaliges System).

Die Noppen auf der Außenseite des mittleren Inliners oder der Innenseite des äußeren Inliners (dritten Inliner) sind bevorzugt 0,5 bis 2 mm dick mit einem Durchmesser von ca. 3 bis 30 mm und einem mittleren Abstand von 3 bis 40 mm. Die Abmessungen dieser Noppen sind unkritisch, da sie lediglich zur Aufrechterhaltung eines freien Fließquerschnitts dienen.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist in einem der verwendeten Inliner (äußerer Inliner, mittlerer Inliner, innerer Inliner) eine Metallfolie, z. B. aus Aluminium, eingebettet. Diese Sperrfolie dient als zuverlässige Sperre gegen Permeation bzw. Diffusion von chlorierten Kohlenwasserstoffen etc., die das thermoplastische Material der Inliner durchdringen können. Bevorzugt wird die Sperrfolie bei einer zweischaligen Ausführung (Preliner und innerer Inliner) in den Preliner und bei der dreischaligen Ausführung (äußerer, mittlerer und innerer Inliner) in den mittleren Inliner integriert.

Als thermoplastischer Kunststoff für die verwendeten Inliner wird bevorzugt ganz oder teilweise VLDPE (Polyethylen mit sehr geringer Dichte;  $\rho$  kleiner 0,915 g/cm<sup>3</sup>, bevorzugt  $\rho$  kleiner 0,905 g/cm<sup>3</sup>) eingesetzt, wobei der E-Modul (Härte) des Materials nach DIN 53 457 (Messung der Tangentensteigung (Modul) bei 0,5% Dehnung, Dehnungsgeschwindigkeit 1%/min, Temperatur 23 °C) 30 bis 300 N/mm<sup>2</sup> beträgt.

Bevorzugt wird jedoch kein reines VLDPE, sondern eine Mischung mit bis zu 75 Gew.-% HDPE eingesetzt. Hierdurch wird die mechanische Festigkeit erheblich gesteigert, ohne die Flexibilität zu sehr zu beeinträchtigen.

Besonders bewährt hat sich der Einsatz eines HDPE (Polyethylen hoher Dichte;  $0,93 < \rho < 0,95 \text{ g/cm}^3$ ) mit geringem E-Modul nach DIN 53 457 im Bereich bis 900 N/mm<sup>2</sup>, bevorzugt bis 600 N/mm<sup>2</sup>. Mischungen von 30 bis 70 Gew.-% VLDPE und 70 bis 30 Gew.-% HDPE werden besonders bevorzugt, wobei der E-Modul nach DIN 53 457 der Mischung bei mittlerem Nenndurchmesser des Inliners bevorzugt 50 bis 500 N/mm<sup>2</sup>, insbesondere 150 bis 300 N/mm<sup>2</sup>, beträgt. Bevorzugt beträgt der Sekantenmodul des Materials (Sekantensteigung im Intervall von 1% bis 2% Dehnung im Spannungs-Dehnungs-Diagramm, gemessen nach DIN 53 457/ISO 527, Dehnungsgeschwindigkeit 1%/min, Temperatur 23°C) zwischen 40 und 230 N/mm<sup>2</sup>, insbesondere 75 bis 170 N/mm<sup>2</sup>.

Bei kleineren Nenndurchmessern sollte eine höhere Flexibilität (kleinerer E-Modul) angestrebt werden, während bei größeren Nenndurchmessern ein höherer E-Modul (höhere Steifigkeit) bevorzugt wird. Das Verhältnis von E-Modul zu Nenndurchmesser sollte bevorzugt 0,2 bis 1,5 N/mm<sup>3</sup>, insbesondere 0,3 bis 1 N/mm<sup>3</sup> betragen.

Es hat sich überraschend herausgestellt, daß das verwendete VLDPE und insbesondere die bevorzugten Mischungen aus HDPE und VLDPE eine ausgezeichnete Chemikalienbeständigkeit gegen nahezu alle in Frage kommenden Medien aufweisen, die z. T. wesentlich über der von LDPE liegt.

Nach einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird dem thermoplastischen Kunststoff für den inneren Inliner ein hellfarbiges Pigment beigemischt, um einen Inliner mit heller Farbe zu erhalten. Als Maß für den "Helligkeitsgrad" bzw. "globalen Reflexionsgrad" wird bei einer matten Probe nach DIN 5033, Teil 4 (Spektalverfahren, Lichtart C, 2° Beobachtungswinkel, Geometrie 0°/45°) der sog. L-Wert bestimmt. Ein L-Wert von 100 bedeutet, daß 100% des auftreffenden Lichtes (diffus) reflektiert werden (ideales Weiß). Der erfindungsgemäße Inliner weist hiernach bevorzugt einen globalen Reflexionsgrad von > 30%, bevorzugt > 60% (L-Wert > 30 bzw. > 60) auf. Hierdurch wird eine spätere Kontrolle des sanierten Kanals mit einer Videokamera wesentlich erleichtert.

Nach einer alternativen Ausführung der Erfindung werden dem thermoplastischen Kunststoff für den inneren Inliner keine Farbpigmente und kein Ruß beigemischt, um einen transparenten oder transluzenten Inliner zu erhalten. Als Maß für die "globale Lichtdurchlässigkeit" wird gemessen, welcher Anteil des senkrecht auftreffenden Lichts (380–780 nm) die Probe durchdringt (einschließlich des gestreuten Anteils). Die globale Lichtdurchlässigkeit des Inliners nach dieser Ausführungsform der Erfindung beträgt > 30 %, bevorzugt > 50 %. Hierdurch wird eine spätere Kontrolle des den Inliner umgebenden Mörtels, z. B. auf Vorhandensein größerer Lunker, Luftblasen oder Risse, ermöglicht.

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen schlauchförmigen Inliner wird eine Bahn aus entsprechendem thermoplastischem Kunststoff in an sich bekannter Weise zu einem Schlauch geformt, wobei ein Seitenstreifen von z. B. 3 bis 10 cm Breite, bevorzugt etwa 4,5 cm Breite, von dem hierzu parallelen anderen Seitenstreifen überlappt wird. Im Überlappungsbereich werden die Seiten-

streifen — bevorzugt mit einer Doppelnaht — thermisch verschweißt. Der zwischen den Doppelnähten gebildete Prüfkanal dient zur Dichtigkeitsprüfung der Schweißnähte.

Für die Herstellung der homogenen noppenbesetzten Inliner wird entsprechend eine — aus anderen Materialien an sich bekannte — Noppenbahn aus — bevorzugt flexiblem — thermoplastischem Material verwendet, wobei ein nicht mit Noppen besetzter Seitenstreifen von z. B. 3 bis 10 cm Breite, bevorzugt etwa 4,5 cm Breite, von dem hierzu parallelen anderen Seitenstreifen überlappt wird. Im Überlappungsbereich werden die Seitenstreifen — bevorzugt mit einer Doppelnaht — thermisch verschweißt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn im Bereich der Doppelnaht zwischen den beiden Nähten wenigstens eine Reihe von Noppen angeordnet ist. Die Anzahl der Noppen (Abstandhalter bzw. Verankerungselemente) je m<sup>2</sup> sollte im Bereich der Naht etwa derjenigen im Bereich der übrigen Bahn betragen. Hierzu sind die Noppen in ggf. versetzt zueinander stehenden Reihen parallel zueinander und zur Längserstreckung der Bahn angeordnet, wobei zwischen je zwei benachbarten Noppenreihen ein für eine Schweißnaht ausreichend breiter Zwischenraum von ca. 0,5 bis 2 cm freibleibt. Dabei können für größere Durchmesser des zu sanierenden Rohres ggf. auch mehrere Noppenbahnen zu einem Inliner größeren Durchmessers miteinander verbunden werden.

Nach diesen Verfahren können die Inliner für verschiedene Kanaldurchmesser im Bedarfsfall quasi maßgeschneidert werden.

Grundsätzlich können die erfindungsgemäßen Inliner auf Grund ihrer hohen Flexibilität nach dem sogenannten Umstülpverfahren in den zu sanierenden Kanalabschnitt eingebracht werden. Bevorzugt werden die Inliner jedoch von einem im allgemeinen bereits vorhandenen Kanalschacht (Standard-Schachtbauwerk) bis zum nächsten vorhandenen Kanalschacht gezogen, wobei auch Zwischenschächte überbrückt werden können. Hierzu kann der Inliner etwa U- oder S-förmig gefaltet und schlaff auch über relativ kleine Biegeradien gezogen werden.

Bevorzugt werden die werksseitig vorkonfektionierten Inliner auf einer Trommel am Schachtbauwerk aufgeständert. Durch eine über der Einsteigöffnung positionierte Verformungseinheit wird der Inliner während des Einziehvorganges etwa U-förmig gefaltet, so daß sich gegenüber dem Originalzustand eine Querschnittsreduzierung von ca. 50 % mit entsprechendem Steifigkeitsverlust ergibt. Diese ermöglicht es, bequem innerhalb des Schachtbauwerkes, z. B. mit Hilfe eines eingebrachten Rohrbogens aus PE, den Inliner um 90° umzulenken und in die Kanalhaltung einzuführen. Vom jeweiligen Endschaft der zu sanierenden Haltung aus werden die einzelnen Inliner nun ebenfalls über eine Umlenkvorrichtung eingezogen.

Bei der Ausführungsform mit zwei Inlinern (zweischaliges System), d. h. ohne Kontrollraum, wird nach diesem Verfahren zunächst der äußere Inliner (Preliner) in den zu sanierenden Kanal eingezogen. Anschließend wird der innere, auf seiner Außenseite mit Noppen versehene Inliner in den Preliner (äußeren Inliner) eingezogen.

Bei der Ausführungsform mit drei Inlinern (dreischaliges System), d. h. mit Kontrollraum, wird zunächst der äußere Inliner in den zu sanierenden Kanal eingezogen. Soweit dabei der äußere Inliner Noppen aufweist, werden diese nach innen angeordnet. Anschließend wird der

mittlere Inliner, ggf. mit den Noppen nach außen, in den äußeren Inliner, und danach der innere, auf seiner Außenseite mit Noppen versehene Inliner in den mittleren Inliner eingezogen.

Auf diese Weise entsteht ein zwei- oder dreischaliges System von Inlinern, das selbstverständlich bei Bedarf mit weiteren Schichten (Inlinern) ergänzt werden kann, soweit die damit verbundene Querschnittsreduzierung in Kauf genommen werden kann.

Nach Möglichkeit sollten die Schweißnähte jeweils im Scheitelbereich des Kanalrohres angeordnet werden.

Bei der Ausführungsform mit zwei Inlinern (zweischaliges System), d. h. ohne Kontrollraum, wird nach dem Einziehen der beiden Inliner der Ringraum zwischen dem äußeren Inliner (Preliner) und dem inneren, auf seiner Außenseite mit Noppen versehenen Inliner mit z. B. einem dünnflüssigen Mörtel (Dämmer) verfüllt. Grundsätzlich kann der Mörtel zwar schon während des Einziehens des inneren Inliners in den Kanal mit eingebracht werden, bevorzugt wird der Mörtel aber erst anschließend in an sich bekannter Weise eingefüllt. Zuvor werden die Inliner an beiden Enden im Bereich der Schachtbauwerke an der Innenwandung des zu sanierenden Kanals fixiert und abgedichtet. Anschließend wird der innere Inliner von innen mit einem Fluid (Luft oder bevorzugt Wasser) bei einem Überdruck von 0,2 bis 1 bar, bevorzugt ca. 0,5 bar beaufschlagt. Hierbei legen sich die Inliner an die Kanalinnenwandung an, wobei durch die Noppen des inneren Inliners ein gleichförmiger Ringraum freigehalten wird.

Bei dem Vermörteln wird der Ringraum vollständig mit dem dünnflüssigen Mörtel ausgefüllt. Ggf. kann durch Temperieren des Fluids im Inneren des Inliners die Aushärtung des Mörtels verzögert oder beschleunigt werden. Durch die Verwendung eines hochfesten Mörtels bildet der verfüllte Ringraum eine tragende Schale und gewährleistet somit gleichzeitig die Statik des Inliners. Bereits nach 12 h Aushärtezeit werden bei einer Nennweite DN 800 alle Spannungsnachweise, die an selbsttragende Auskleidungen gemäß IfBT ("Richtlinie für Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen mit Kunststoffbauteilen für Misch- und Schmutzwasserkanäle, Anforderungen und Prüfungen, 09.82") und ATV A 127 ("Richtlinie für die statische Berechnung um Entwässerungskanäle und Leitungen") gestellt werden, erfüllt.

Soweit an die sanierte Rohrleitung besonders hohe mechanische Anforderungen (Statik) gestellt werden, können auch zwei auf der Außenseite mit Noppen versehene innere Inliner verwendet werden, wobei beide entstehenden Ringräume mit z. B. Mörtel ausgefüllt werden.

Bei der Ausführungsform mit drei Inlinern (dreischaliges System), d. h. mit Kontrollraum, wird der Ringraum zwischen dem inneren Inliner und dem mittleren Inliner ähnlich dem vorstehend beschriebenen Verfahren mit zweischaligem Aufbau mit Mörtel verfüllt. Bei diesem dreischaligen System bildet der Ringraum zwischen dem äußeren Inliner und dem mittleren Inliner einen Kontrollraum, so daß nach der Sanierung oder später durch an sich bekannte Maßnahmen wie Anlegen eines Über- oder Unterdrucks, Absaugen oder Auffangen von in den Prüfraum eingedrungener Flüssigkeit mit einem dünnen Prüfschlauch, Messung des elektrischen Widerstandes durch eine Prüfsonde etc. eine Leckage festgestellt werden kann. Ggf. kann eine so geortete Leckage auch in an sich bekannter Weise durch Injektion eines aushärtenden und/oder quellfähigen Mittels in den Kon-

troll-Ringraum abgedichtet werden.

Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit wenigstens dreischaligem Aufbau wird zwischen zwei äußere Inliner ein mit einem quellfähigen Mittel gefülltes Textil o. dgl., insbesondere ein sog. Geotextil, angeordnet, um eine selbstdichtende Funktion zu erreichen. Als quellfähiges Mittel wird z. B. Bentonit verwendet. Die Dicke des gefüllten Textils beträgt bevorzugt ca. 3–5 mm.

Das erfindungsgemäße Relining-System vereint in bisher nicht bekanntem Maße z. T. so widersprüchliche Eigenschaften wie:

- hohe Flexibilität zum leichteren Einbringen des Inliners durch vorhandene Schachtbauwerke,
- hohe Chemikalienbeständigkeit, gegen aggressive Medien,
- absolute Dichtigkeit gegen Exfiltration und Infiltration,
- hohe Eigenstabilität und mechanische Festigkeit, z. B. bei mechanischer Beanspruchung von außen (Erdbewegungen) und späterer Hochdruck-Wasserstrahl-Reinigung von innen,
- lange Betriebsdauer,
- Verwendbarkeit auch bei unrunder Kanalquerschnitten, bei Rohrbögen etc. sowie bei stark beschädigten Kanälen mit Wassereinbruch von außen,
- geringer Energieverbrauch und Aufwand beim Verlegen,
- geringer Querschnittsverlust,
- Inkrustationssicherheit,
- günstige Kosten.

Bei dem bevorzugten dreischaligen System wird darüber hinaus

- eine Kontrollierbarkeit der Dichtigkeit sowie
- eine Sanierbarkeit erreicht.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels sowie der Zeichnungen näher erläutert.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigen dabei

**Fig. 1** eine Noppenbahn zur Herstellung des inneren Inliners;

**Fig. 2** einen inneren Inliner gemäß der Erfindung,

**Fig. 3** Einzelheit X gemäß **Fig. 2** (Schweißnaht);

**Fig. 4** einen zu sanierenden Kanal mit Preliner und innerem Inliner (Querschnitt);

**Fig. 5** einen Längsschnitt eines zu sanierenden Kanals beim Einziehen der Inliner;

**Fig. 6** einen Längsschnitt durch einen zu sanierenden Kanal bei der Ringraumverfüllung;

**Fig. 7** einen Querschnitt durch den sanierten Kanal (Ausschnitt zweischaliges System);

**Fig. 8** einen Querschnitt durch den sanierten Kanal (Ausschnitt dreischaliges System);

**Fig. 9** einen Querschnitt durch den zu sanierenden Kanal vor der Ringraumverfüllung;

**Fig. 10** den Anschluß des Inliners am Kanalende (dreischichtiges System).

## Wege zur Ausführung der Erfindung

## Beispiel 1

Ein Kanal 1 mit Nenndurchmesser 300 mm (DN 300) soll mit dem zweischaligen System (ohne Kontrollraum) saniert werden. Der Kanal 1 weist im Abstand von je 60 m Standard-Schachtbauwerke 14 auf (Fig. 5).

Zur Herstellung eines Preliners 3 wird ein Ansatz bestehend aus

72 Gew.-% VLDPE (Norsoflex RLW 1910; Fa. EniChem; E-Modul 65 N/mm<sup>2</sup>)

25 Gew.-% HDPE (Vestolen RA 3512 Natur; Fa. Hüls AG; E-Modul 590 N/mm<sup>2</sup>)

2 Gew.-% (Weißpigment PMM 869, Fa. Polyplast Müller)

1 Gew.-% HDPE (Vestolen RA 3512 R, Fa. Hüls AG; rußhaltig)

in einem dem Fachmann bekannten Einschnuckenextruder homogenisiert und zu einer Flachfolie einer Breite von ca. 1 m und einer Dicke von 2,5 mm extrudiert. Nach beidseitiger Besäumung der Bahn auf 985 mm Breite wird diese in einem zweiten Arbeitsschritt zu dem Preliner 3 mit einem äußeren Durchmesser von 300 mm geformt, wobei im Überlappungsbereich durch thermisches Verschweißen eine Doppelnah mit dazwischenliegendem Prüfkanal erzeugt wird. Das Material des Preliners 3 weist einen E-Modul von 150 N/mm<sup>2</sup> auf. Das Verhältnis von E-Modul zu Nenndurchmesser ("relative Steifigkeit") beträgt somit 0,5 N/mm<sup>3</sup>.

Zur Herstellung des inneren Inliners 2 wird folgender Ansatz verwendet:

50 Gew.-% VLDPE (Norsoflex RLW 1910; Fa. EniChem; E-Modul 65 N/mm<sup>2</sup>)

50 Gew.-% HDPE (Vestolen RA 3512 Natur; Fa. Hüls AG; E-Modul 590 N/mm<sup>2</sup>).

Dieser Ansatz wird in einem Einschnuckenextruder homogenisiert und auf ein Walzwerk mit einer ersten Walze, die leicht konische Bohrungen aufweist, und einer zweiten Walze aufextrudiert. In dem Walzenspalt wird das thermoplastische Material in die leicht konische Bohrungen eingedrückt. Nach der Bahn von der Walze erhält man eine mit Noppen versehene Abdichtungsbahn 13. Die Noppen mit einer anfänglichen Länge von 13 mm werden anschließend mit Hilfe eines zweiten Walzwerkes mit einer Stahlwalze und einer Gummiwalze mit einer Spaltweite von 12 mm am Kopf gestaucht, so daß die einzelnen, auf eine Länge von ca. 10 mm gestauchten Noppen 4 entsprechende Hinterschnidungen 11 aufweisen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Abdichtungsbahn 13 3 mm dick. Die Noppen 4 haben eine Länge von 10 mm, einen Durchmesser am Fuß von 5 mm und am Kopf von 8 mm.

Der transluzente (opake) innere Inliner 2 mit einer globalen Lichtdurchlässigkeit von 53% weist einen E-Modul von 260 N/mm<sup>2</sup> auf, so daß sich eine auf den Nenndurchmesser von 300 mm bezogene relative Steifigkeit von 0,86 N/mm<sup>3</sup> ergibt.

Preliner 3 und innerer Inliner 2 werden auf eine Länge von z. B. 60 m abgelängt, auf Dichtigkeit geprüft und auf einer Kabeltrommel an die Baustelle transportiert. In Fig. 5 ist das Einziehen des Preliners 3 in den zu sanierenden Kanal 1 näher dargestellt. Der Preliner 3 wird dabei von dem Standard-Schachtbauwerk 14 in den Kanal 1 eingezogen. Hierzu wird mit Hilfe der Vorrichtung 15 der Preliner 3 zunächst etwa U-förmig gefaltet und mit Hilfe des Seiles 16 über die Rollenführung 17 und die Umlenkeinrichtung 18 in den Kanal 1 gefä-

delt.

Nach dem Einziehen des Preliners 3 wird der innere Inliner 2 in gleicher Weise in den Preliner 3 eingezogen (Fig. 4). Anschließend werden an beiden Enden des inneren Inliners 2 auf einer Länge von 10 cm die Noppen 4 entfernt. Diese noppenfreien Enden 31 des Inliners 2 werden an beiden Enden mit Hilfe von Absperrblasen 19 und 20 an die Kanalinnenwandung 21 angepreßt und in diesem Bereich abgedichtet. Einfüllöffnungen 22 und Abblößöffnungen 23 ermöglichen das Einfüllen und Abführen von (ggf. temperiertem) Wasser 24 unter definiertem Druck. Gleichzeitig kann durch Messung eines evtl. Druckabfalls eine Undichtigkeit rechtzeitig festgestellt werden. Durch den Wasser-Innendruck von ca. 0,5 bar wird der innere Inliner 2 an den Preliner 3 und dieser an die Innenwandung 21 des Kanals 1 angepreßt, wobei die Noppen 4 einen definierten Ringraum 5 zwischen der Abdichtungsbahn 13 und dem Preliner 3 fixieren. In diesen Ringraum 5 wird durch den Einfülltrichter 25 ein dünnflüssiger Mörtel 6 (Fabrikat HC/HT Relining-Injektor, Firma Hüls Troisdorf AG) eingefüllt. Im dargestellten Beispiel wird der Mörtel 6 vom Scheitelpunkt der tiefsten Stelle der Kanalhaltung aus mit geringem Druck eingefüllt, wobei sich der Mörtel 6 durch die Schwerkraft in dem Ringraum 5 des leicht ansteigenden Kanals 1 entsprechend verteilt. In Fig. 6 ist der momentan erreichte Mörtel-Spiegel 26 eingezeichnet. Ggf. kann durch Entlüftungsleitungen 27 und 28 Luft aus dem Ringraum 5 entweichen, wobei gleichzeitig eine Kontrolle des erreichten Mörtel-Spiegels 26 ermöglicht wird. Beim Einfüllen des Mörtels 6 kann der Innendruck im inneren Inliner 2 u. U. ansteigen, was mit Hilfe des Überlaufs 29 kontrolliert und ausgeglichen werden kann.

Nach vollständiger Vermörtelung härtet der Mörtel 6 innerhalb von ca. 7 h aus, wobei die Härtezeit ggf. durch Temperieren des Wassers 24 beschleunigt oder verlängert werden kann.

Nach Aushärtung bildet der Mörtel 6 ein starres selbsttragendes Rohr, das innen durch den inneren Inliner 2 und von außen durch den Preliner 3 gegen Korrosion zuverlässig geschützt ist. Die Noppen 4 stellen dabei eine Verankerung der Noppenbahn in dem Mörtel-Rohr dar.

Abschließend wird der Inliner 2 an beiden Enden, wie in Fig. 10 dargestellt, an die Schachtbauwerke 14 angeschlossen. Hierzu wird ein statisch selbsttragender, steifer Ring 30 aus HDPE von den Schachtbauwerken 14 aus in das Kanalende eingeschoben, wobei die noppenfreien Enden 31 des Inliners 2 zwischen dem HDPE-Ring 30 und der Kanalinnenwandung 21 eingeklemmt werden. Ggf. kann zusätzlich noch eine Dichtung 32 zwischen der Außenseite des noppenfreien Endes 31 des Inliners 2 und der Kanalinnenwandung 21 vorgesehen werden. Nach dem Einbringen der HDPE-Ringe 30 werden diese mit dem Inliner 2 verschweißt (Schweißnaht 33). Eine von dem Schachtbauwerk 14 von innen mit Dübeln 34 an der oberen Hälfte des Kanalrohres 1 befestigte halbkreis-bogenförmige Platte 35 aus HDPE wird abschließend mit dem Ring 30 verschweißt.

Durch die Verwendung eines nahezu transparenten Inliners 2 ist eine zuverlässige TV-Kontrolle des mit Mörtel 6 verfüllten Ringraumes 5 möglich, so daß z. B. größere Luftblasen rechtzeitig entdeckt werden können.

Ein Kanal 1 mit Nenndurchmesser 300 mm (DN 300) soll mit einem dreischaligen System mit Kontrollraum 9 saniert werden. Der Kanal 1 weist im Abstand von je 5 60 m Schachtbauwerke 14 auf.

Hierzu wird zunächst ähnlich Beispiel 1 ein äußerer Inliner 7, ein mittlerer Inliner 3 und ein innerer Inliner 2 hergestellt. Der äußere Inliner 7 weist dabei auf seiner Innenseite kleine Noppen 8 mit einer Höhe von 1 mm und einem Durchmesser von 8 mm auf. In den mittleren Inliner 3 ist eine Aluminiumfolie 10 als Permeations- 10 sperre integriert.

In Fig. 8 ist ein Querschnitt eines entsprechend sanierten Rohres dargestellt. Zwischen dem äußeren Inliner 7 und dem mittleren Inliner 3 wird ein Kontrollraum 9 (äußerer Ringraum) durch die Noppen 8 fixiert. 15

Bei dem Anschluß des Systems an die Schachtbauwerke 14 entsprechend Fig. 10 wird zusätzlich zu Beispiel 1 ein Kontrollschlauch 36 zwischen dem äußeren Inliner 7 und mittleren Inliner 3 vorgesehen. Wie in Fig. 10 dargestellt, wird zusätzlich am Inlinerende, d. h. am Schachtbauwerk 14, der mittlere Inliner 3 mit dem äußeren Inliner 7 verschweißt (Schweißnaht 37). Als weitere Abdichtung zwischen den Inliner-Enden 32 und dem mittleren Inliner 3 dient ein Dichtungsband 32 aus Butyl-Kautschuk (doppelseitiges Klebeband). 25

#### Legende

- |    |                                   |    |
|----|-----------------------------------|----|
| 1  | Kanalrohrleitung, Kanal           | 30 |
| 2  | innerer thermoplastischer Inliner |    |
| 3  | Preliner, mittlerer Inliner       |    |
| 4  | Noppen                            |    |
| 5  | Ringraum                          | 35 |
| 6  | Mörtel                            |    |
| 7  | dritter thermoplastischer Inliner |    |
| 8  | Noppen                            |    |
| 9  | Ringraum, Kontrollraum            |    |
| 10 | Metallfolie                       | 40 |
| 11 | Hinterschneidungen                |    |
| 12 | Rohrschale                        |    |
| 13 | Abdichtungsbahn                   |    |
| 14 | Schachtbauwerk                    |    |
| 15 | Vorrichtung                       | 45 |
| 16 | Seil                              |    |
| 17 | Rollenführung                     |    |
| 18 | Umlenkeinrichtung                 |    |
| 19 | Absperrblase                      |    |
| 20 | Absperrblase                      | 50 |
| 21 | Kanalinnenwand                    |    |
| 22 | Einfüllöffnung                    |    |
| 23 | Ablaßöffnung                      |    |
| 24 | Wasser                            |    |
| 25 | Einfülltrichter                   | 55 |
| 26 | Mörtel-Spiegel                    |    |
| 27 | Entlüftungsleitung                |    |
| 28 | Entlüftungsleitung                |    |
| 29 | Überlauf                          |    |
| 30 | Ring                              | 60 |
| 31 | noppenfreies Inliner-Ende         |    |
| 32 | Dichtung                          |    |
| 33 | Schweißnaht                       |    |
| 34 | Dübel                             |    |
| 35 | HDPE-Platte                       | 65 |
| 36 | Kontrollschlauch                  |    |
| 37 | Schweißnaht                       |    |

1. System zum Relining von Transportleitungen wie Kanalrohrleitungen (1)

- mit einem inneren schlauchförmigen thermoplastischen Inliner (2),
- einem zweiten schlauchförmigen thermoplastischen Inliner (Preliner 3), der in die zu sanierende Kanalrohrleitung (1) eingebracht wird,
- wobei der innere Inliner (2) in den zweiten Inliner (Preliner 3) eingebracht wird und auf seiner Außenseite Mittel (Noppen 4) aufweist, die sowohl zur Fixierung eines definierten Abstandes (Ringraum 5) zwischen dem inneren und dem zweiten Inliner als auch zur form-schlüssigen Verankerung des inneren Inliners (2) in einer in den Ringraum (5) zwischen dem inneren und dem zweiten Inliner einzubringenden aushärtbaren Masse (Mörtel 6) dient.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten schlauchförmigen thermoplastischen Inliner (Preliner 3) und der zu sanierenden Transportleitung (Kanalrohrleitung 1) ein dritter schlauchförmiger thermoplastischer Inliner (7) vorgesehen ist, wobei der dritte Inliner (7) auf seiner Innenseite oder der zweite Inliner (Preliner 3) auf seiner Außenseite Mittel (Noppen 8) zur Fixierung eines Abstandes zwischen dem zweiten und dem dritten Inliner aufweist, wodurch ein freier Ringraum (9) zwischen dem zweiten und dem dritten Inliner gebildet wird als Kontrollraum zur Feststellung und ggf. Beseitigung von Undichtigkeiten in einem der Inliner.

3. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Metallfolie (10) als Diffusions- bzw. Permeationssperre für chlorierte Kohlenwasserstoffe in einem der Inliner.

4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel zur Fixierung eines definierten Abstandes zwischen dem inneren und dem zweiten Inliner Noppen (8) vorgesehen sind, wobei die Noppen (8) Hinterschneidungen (11) aufweisen und einstückig mit dem inneren Inliner (2) verbunden sind.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der innere Inliner (2) zu 25 bis 100 Gew.-% aus VLDPE mit einem E-Modul von 30—300/mm<sup>2</sup>,

0 bis 75 Gew.-% aus HDPE, 0 bis 5 Gew.-% aus Füllstoffen, Pigmenten oder Hilfsstoffen,

0 bis 5 Gew.-% aus anderen Polymeren besteht und daß der innere Inliner (2) einen E-Modul von 50—500 N/mm<sup>2</sup> aufweist.

6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch ein Verhältnis von E-Modul zu Nenndurchmesser des inneren Inliners (2) von 0,25—1 N/mm<sup>3</sup>.

7. System nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der innere Inliner (2) eine Wanddicke von 1,5—5 mm, einen mittleren Noppendurchmesser von 5—15 mm und eine Noppenlänge von 8—20 mm aufweist.

8. Verfahren zum Relining von Transportleitungen wie Kanalrohrleitungen (1), bei dem

- zunächst ein äußerer schlauchförmiger thermoplastischer Inliner (Preliner 3) in die zu



sanierende Kanalrohrleitung (1) und

- anschließend in den äußeren Inliner (Preliner 3) ein innerer schlauchförmiger thermoplastischer Inliner (2) eingebracht wird, wobei
- der innere Inliner (2) auf seiner Außenseite Mittel (Noppen 4) zur Fixierung eines definierten Abstandes (Ringraum 5) zwischen dem inneren und dem zweiten Inliner aufweist,
- anschließend der Ringraum (5) zwischen dem äußeren Inliner (Preliner 3) und dem inneren Inliner (2) mit einer aushärtbaren Masse Mörtel (6) ausgefüllt wird,
- worauf die aushärtbare Masse ausgehärtet wird zu einer starren Rohrschale (12), in der die Mittel (Noppen 4) formschlüssig verankert sind.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

- daß vor dem Einbringen des Preliners (3) ein weiterer schlauchförmiger thermoplastischer Inliner (7) in die zu sanierende Kanalrohrleitung (1) eingebracht wird, und
- daß der weitere Inliner (7) auf seiner Innenseite oder der Preliner (3) auf seiner Außenseite Mittel (Noppen 8) zur Fixierung eines Abstandes zwischen dem Preliner (3) und dem weiteren thermoplastischen Inliner (7) aufweist, wodurch ein freier Ringraum (9) zwischen dem Preliner (3) und dem weiteren Inliner (7) gebildet wird als Kontrollraum zur Feststellung und ggf. Beseitigung von Undichtigkeiten in einem der Inliner.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß als aushärtbare Masse ein dünnflüssiger Mörtel (6) eingesetzt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, gekennzeichnet durch ein zwischen zwei äußeren Inlinern (3, 7) angeordnetes, mit einem quellfähigen Mittel gefülltes Textil o. dgl. als selbstdichtende Schicht.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65



- Leerseite -

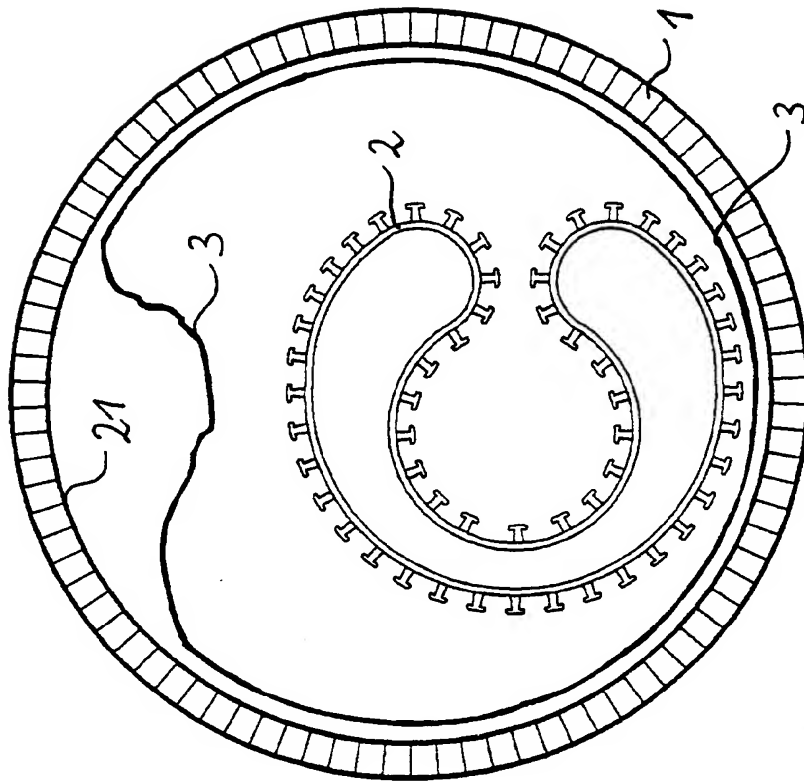
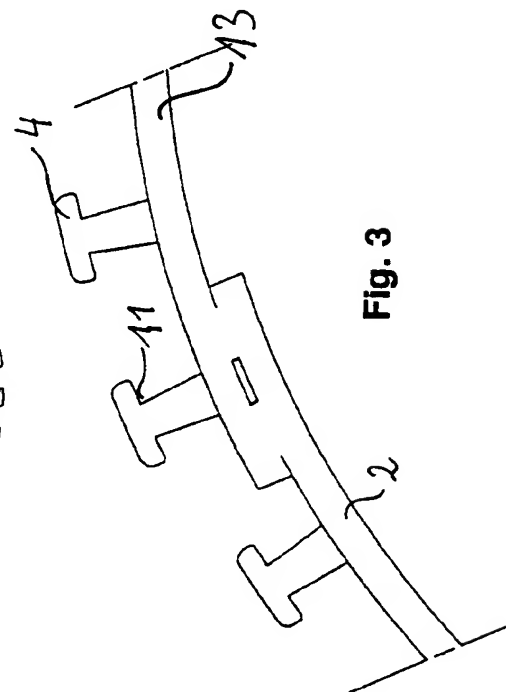
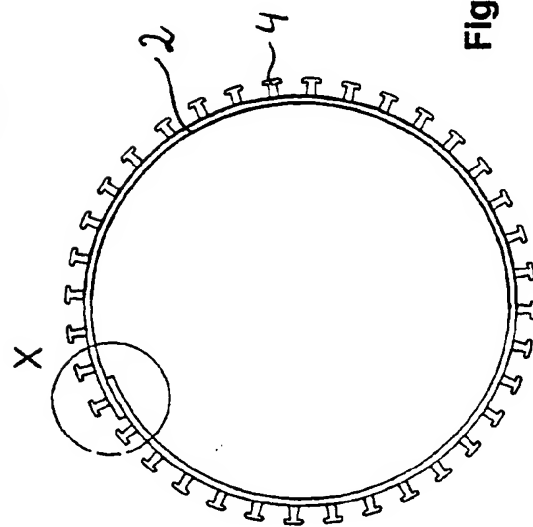
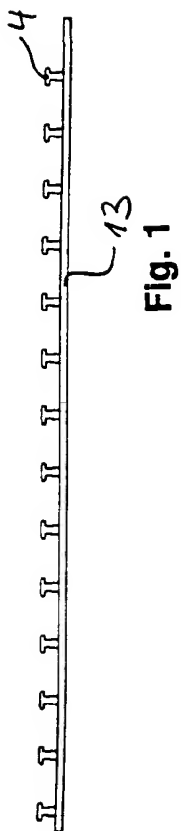


Fig. 4

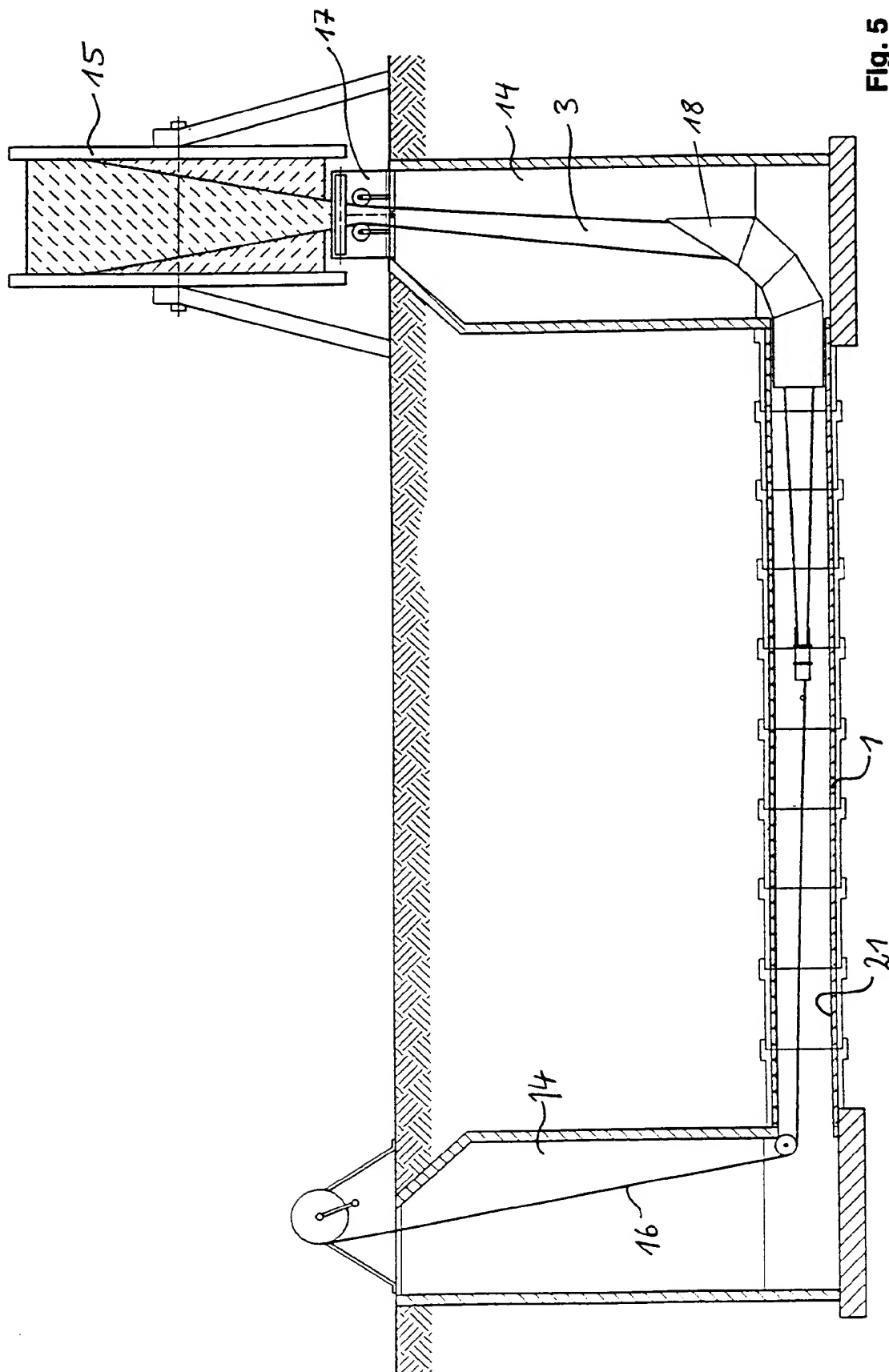


Fig. 5

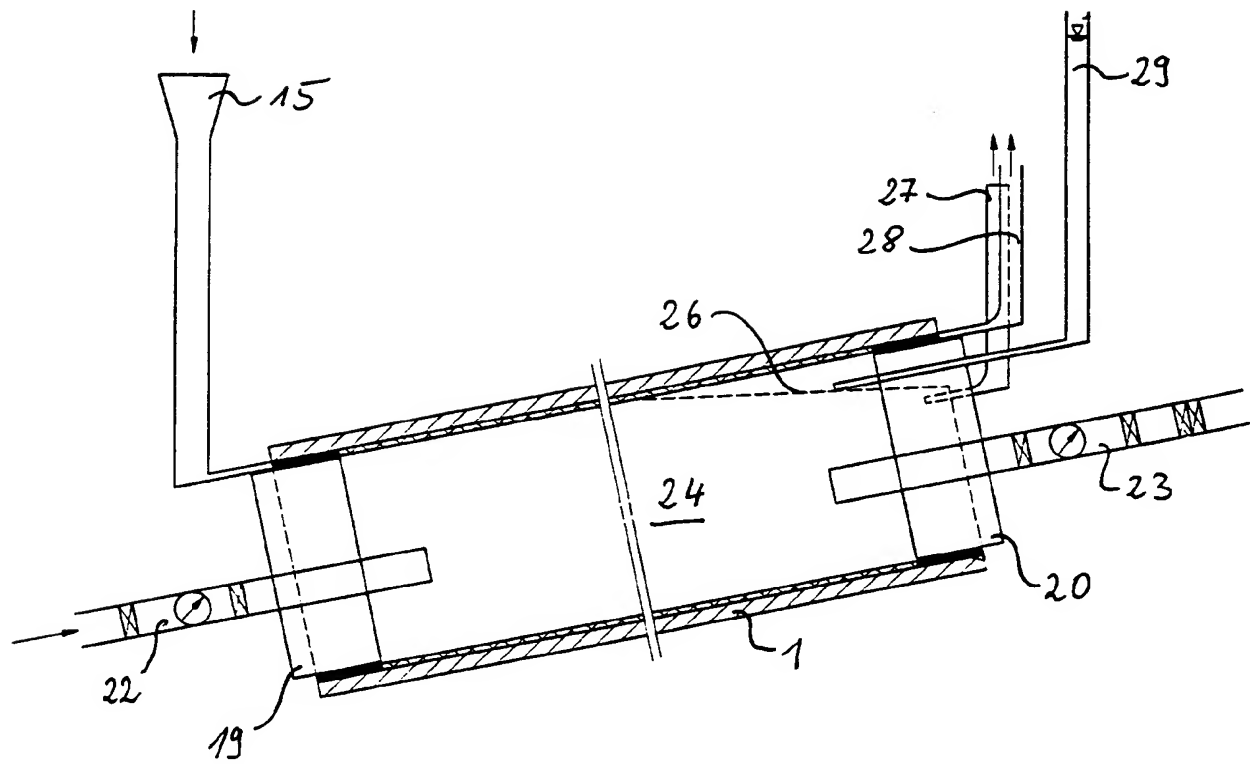


Fig. 6

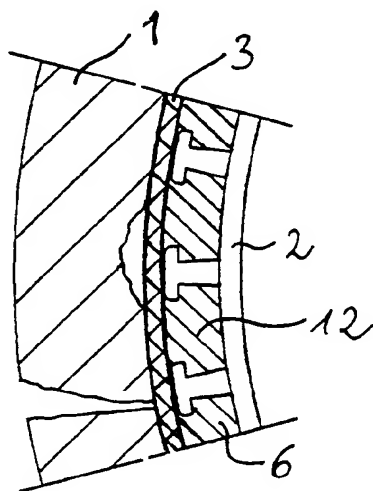


Fig. 7

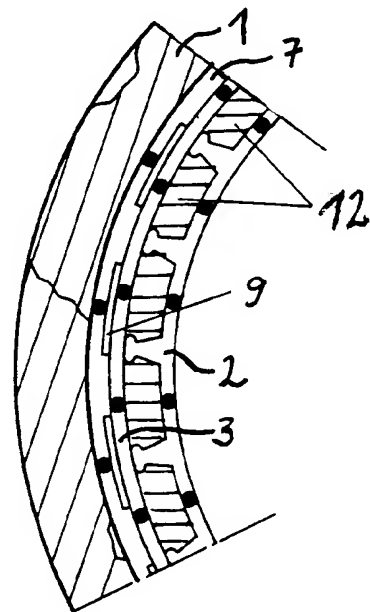


Fig. 8

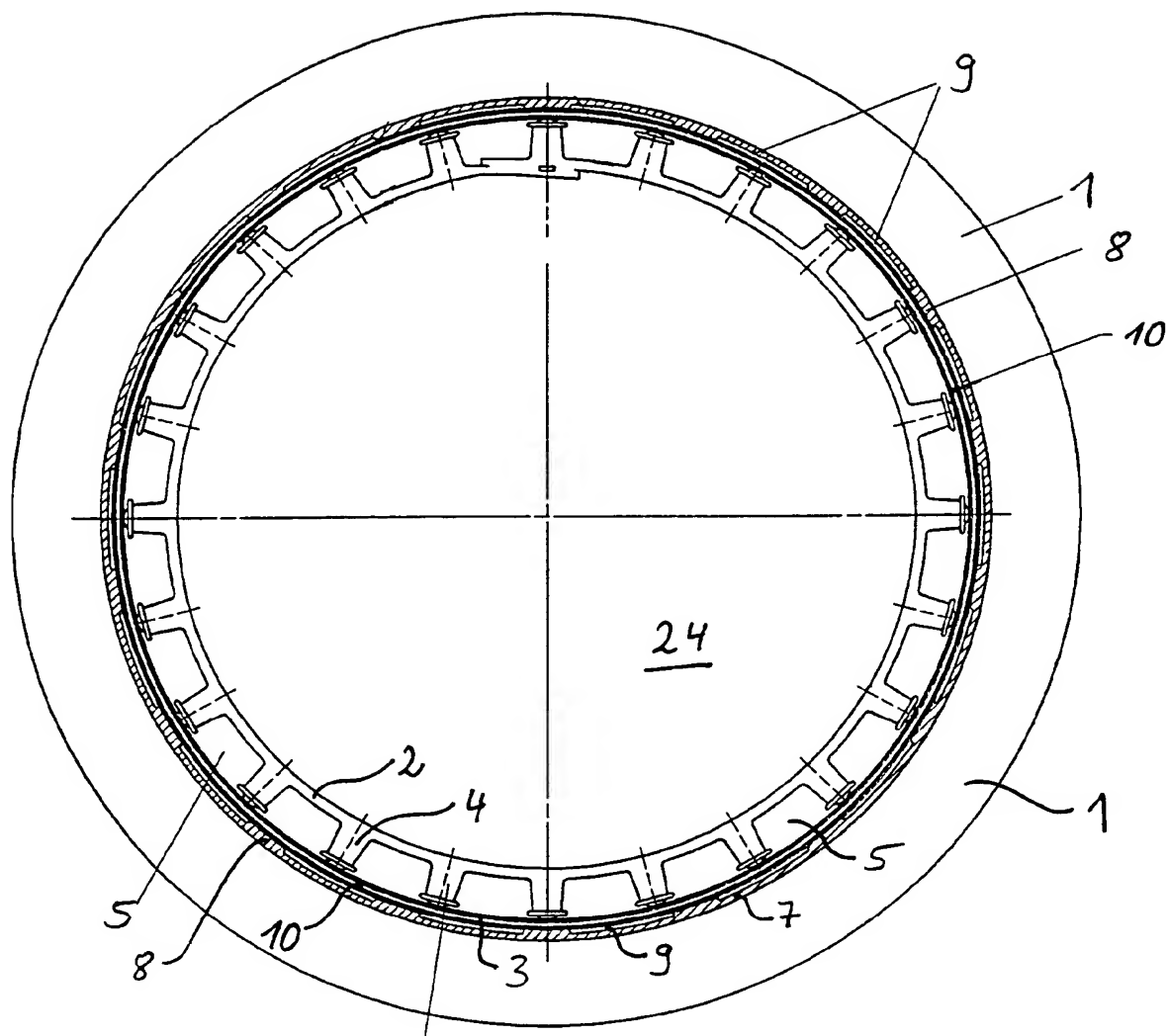


Fig. 9

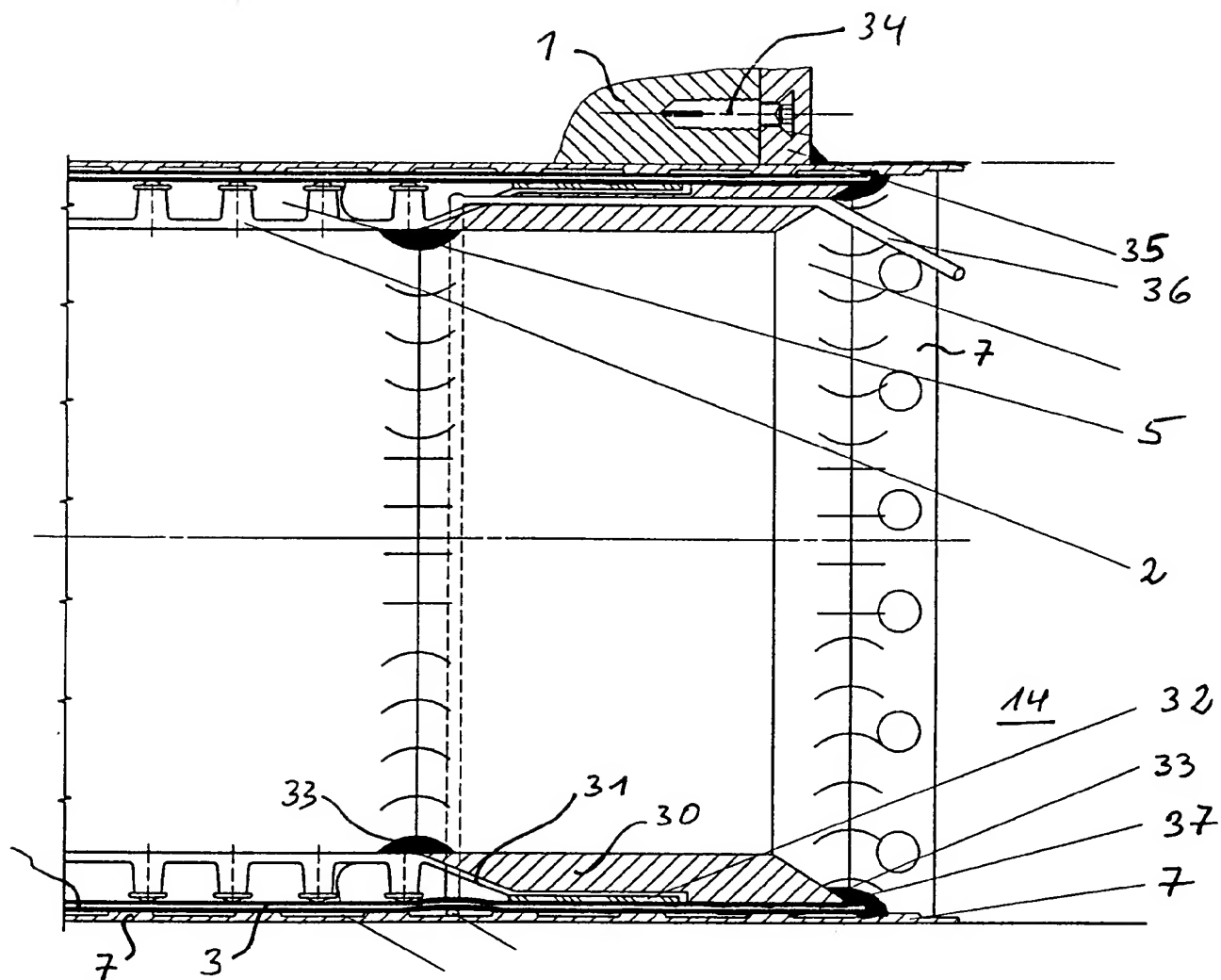


Fig. 10